

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Брагинец Н.В., д.т.н., Бахарев Д.Н., Аль Атум Мохаммад, ассистент.
(Луганский национальный аграрный университет)

Усовершенствована методика теоретического определения полной мощности, затрачиваемой на работу смесителя кормов непрерывного действия. Получены адекватные математические модели.

Проблема. В настоящее время недостаточно изучен процесс смешивания многокомпонентных кормов в смесителях непрерывного действия. О чем свидетельствует многообразие конструкций смесителей. Существующие смесители материалоемкие и требуют значительных затрат энергии на смешивание. Необходимо дальнейшее исследование процесса получения многокомпонентных кормовых смесей с целью разработки единой теории конструирования смесителей.

Анализ последних исследований и публикаций. Основные результаты теоретико-экспериментальных исследований эффективности работы смесителей кормов непрерывного действия приведены в работах известных следующих ученых: С.В. Мельникова, С.И. Назарова, В.И. Передни, Л.П. Карташова, Цуркана О.В., Демина О.В., Палкина М.Г. и др. [1-7]. Работы данных ученых направлены на совершенствование лопастных мешалок, однако совершенствовать необходимо вращающийся бункер – это основной путь интенсификации процесса смешивания в машинах непрерывного действия.

Целью исследований является определение опорных математических моделей, описывающих энергетику процесса смешивания грубых, сочных и концентрированных кормов.

Результаты исследований. Анализ существующих конструкций смесителей кормов непрерывного действия показал, что повышение эффективности смешивания достигается путем применения вращающихся барабанов с расположенными на них винтовыми и лопаточными рабочими органами. Исходя из этого, нами предлагается конструктивно-технологическая схема нового смесителя кормов (рис. 1).

Смеситель работает следующим образом. Компоненты кормовой смеси (измельченное зерно, сочные и грубые корма) подаются дозирующими устройствами в смеситель. Передний конус 4 (рис. 1 б) навивкой 1, размещенной на своей внутренней поверхности, захватывает компоненты и перемещает их по спиральной траектории. Навивка укомплектована Г-образными лопатками и удлинителями, лопатки установлены одна от другой на расстоянии. Это позволяет

часть слоя кормосмеси поднимать на высоту больше угла естественного откоса ее компонентов. Данный эффект препятствует образованию центра циркуляции компонентов смеси и перемешивание обеспечивается поочередной сменой положения слоев. Кроме того, форма смесителя, представляющая собой два усеченных конуса 4, соединённых между собой меньшим основанием, обеспечивает изменяющееся значение угловых скоростей компонентов, что также положительно влияет на эффективность процесса смешивания. Навивка обеспечивает несколько полных оборотов материала. Конусы соединены цилиндрической проставкой. После прохода первого конуса корма дополнительно перемешиваются в симметрично расположенном втором конусе. Угол установки смесителя изменяется винтовым механизмом. Конструкция смесителя позволяет менять количество и форму лопаток навивки, а также схему их установки. Готовая кормовая смесь выгружается по выгрузному лотку.

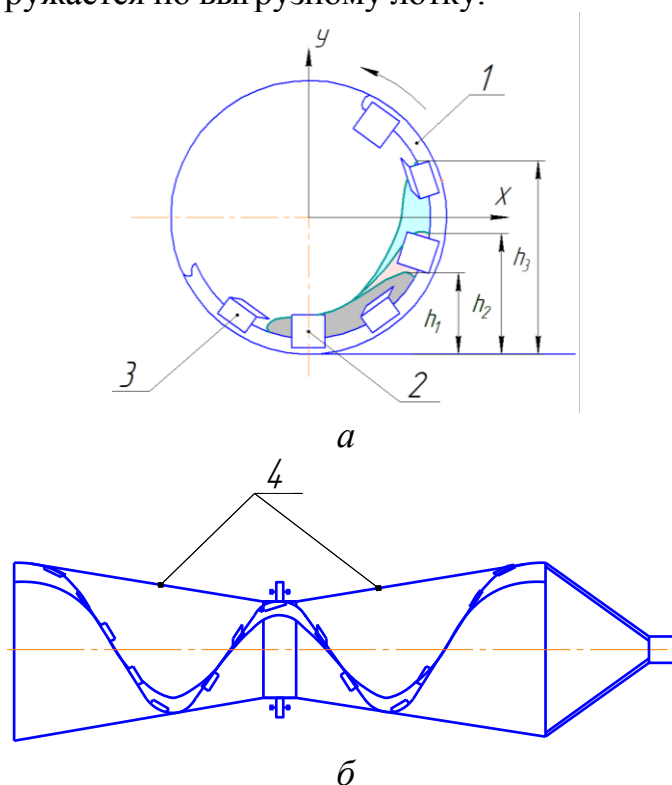


Рисунок 1 - Конструктивно-технологическая схема нового смесителя кормов непрерывного действия: *а* – поперечный разрез; *б* – продольный разрез; 1 – шнековая навивка; 2 – удлинитель участка навивки; 3 - Г-образная лопатка; 4 – конусы бункера; h_1 , h_2 , h_3 – высота подъёма смеси шнековой навивкой, удлинителем и Г-образной лопаткой, соответственно.

С целью повышения качества смешивания навивка конусов смесителя обеспечена не только Г-образными лопатками, но и прямоугольными удлинителями, что позволяет слои кормовой смеси поднимать на разные высоты от h_1 до h_3 (рис.1 *а*).

Полную мощность, затрачиваемую на работу предложенным смесителем можно определить по формуле [8, 9]:

$$N_{СП} = K_{И} \cdot (N_{X-X} + N_O) / \eta, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где $K_{И}$ - коэффициент преодоления инерции при пуске, $K_{И} = 1,2 - 2,5$;

N_{X-X} - мощность, необходимая на холостой ход, кВт;

N_O - мощность, необходимая на перемещение и смешивание, кВт;

η - К.П.Д. механизма привода, для клиноременной передачи $\eta = 0,95$; для редуктора $\eta = 0,96$; для передачи цепь-звездочка $\eta = 0,92$; для роликовых опор $\eta = 0,92$.

Мощность, необходимая на холостой ход ротора может быть определена из выражения предложенного В.П. Горячкиным:

$$N_{X-X} = A \cdot \omega_e + B \omega_e^3, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где ω_e - угловая скорость ротора, с^{-1} ;

$A \cdot \omega_e$ - мощность, необходимая для преодоления трения в опорах, кВт;

$B \omega_e^3$ - мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха, кВт.

Учитывая, что сопротивление трения в опорах и сопротивление ветра значительно меньше общего сопротивления перемещению смеси на основании данных приведенных в [8, 9], примем: $A = 0,4 \cdot 10^{-3}$, $B = 0,91 \cdot 10^{-6}$. (Необходимо учесть то, что в предложенном смесителе опор 4).

Мощность, необходимая на перемещение и смешивание:

$$N_O = N_{II} + N_C, \text{ кВт}, \quad (3)$$

где N_{II} - мощность, необходимая на перемещение, кВт;

N_C - мощность, необходимая на смешивание, кВт.

Мощность, необходимая на перемещение [10]:

$$N_{II} = \pm \frac{Q_{ОБЩ} \cdot H}{360} + c_o \cdot \frac{Q_{ОБЩ} \cdot L_T}{360}, \text{ кВт}, \quad (4)$$

$Q_{ОБЩ}$ - производительность смесителя, т/ч;

H - высота подъема или опускания смешиваемого материала, м;

c_o - коэффициент сопротивления перемещению материала, в состав которого входят влажные компоненты, $c_o = 8 - 18$;

L_T - длина транспортирования, м.

Необходимо учесть величину снижения транспортной способности W_i из-за применения Г-образных лопаток.

$$N_{II} = \pm \frac{Q_{ОБЩ} \cdot H}{360} + \frac{c_o}{W_i} \cdot \frac{Q_{ОБЩ} \cdot L_T}{360}, \text{ кВт}. \quad (5)$$

Мощность, необходимая на смешивание:

$$N_C = \mu_i \cdot \frac{Q_{ОБЩ} \cdot L_T}{360}, \text{ кВт}, \quad (6)$$

где μ_i - коэффициент сопротивления смешиванию.

Следовательно:

$$N_O = \pm \frac{Q_{\text{ОБЩ}} \cdot H}{360} + \frac{c_0}{W_i} \cdot \frac{Q_{\text{ОБЩ}} \cdot L_T}{360} + \mu_i \cdot \frac{Q_{\text{ОБЩ}} \cdot L_T}{360}, \text{ кВт.} \quad (7)$$

На практике коэффициент сопротивления смешиванию определяется эмпирически, однако в случае смешивания стружки сочных кормов и сухих грубых, а также концентрированных кормов перераспределение влаги не позволит получить адекватных экспериментальных данных. Исходя из вышеизложенного, возникает необходимость в определении данного коэффициента теоретическим путем. Для определения коэффициента сопротивления необходимо смоделировать одну из ситуаций, возникающих в процессе смешивания.

Согласно общепринятого рецепта кормления, корнеплоды составляют 45% от массы смеси. В предложенном смесителе в процессе работы находится определенная масса измельченных корнеплодов $M_{\text{ИК}}$. Данная масса состоит из отдельных частиц. Предположим, что в трехкомпонентной смеси стружка корнеплодов представляет собой кубики с размером грани 10 мм, что полностью согласуется с зоотехническими требованиями. Площадь поверхности такого кубика 600 мм^2 . Общая площадь внешней поверхности измельченных корнеплодов составляет $600 \cdot n_K$. В данном случае n_K – это количество частиц в общей массе измельченных корнеплодов. Частица корнеплода влажная и к ней с силой $F_{\text{ч}}$ приклеиваются частицы грубых и концентрированных кормов. Если рассматривать случай, когда к одной частице корнеплода прилипла одна частица другого вида корма, то видно, что данной склеивающей силе противодействует сила веса частицы $G_{\text{ч}}$. Молекулы поверхностного слоя жидкости (в данном случае сока корнеплода) обладают способностью смачивать поверхность грубых и концентрированных кормов. Данное известное явление называется смачивание - поверхностное явление, возникающее на границе соприкосновения фаз, одна из которых твёрдое тело, а другая – жидкость. Смачивание проявляется в частичном или полном растекании жидкости по твёрдой поверхности, пропитывании пористых тел и порошков [11]. Смачивание зависит от соотношения между силами сцепления молекул жидкости с молекулами (или атомами) смачиваемого тела (адгезия) и силами взаимного сцепления молекул жидкости (когезия) [11]. Такое сцепление обладает прочностью. Адгезионная прочность – сила, необходимая для разрушения адгезионного соединения, отнесенная к площади адгезионного контакта $[\tau_A] = \text{Н/м}^2$ [11] (рис. 2).

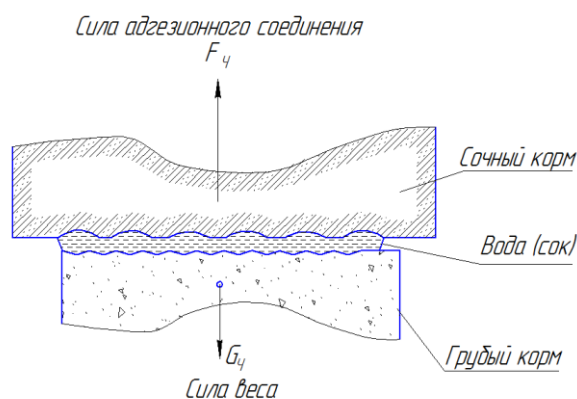


Рисунок 2 - Схема адгезионного соединения сочного и грубого корма

При разрушении адгезионного соединения определяют силу F_{Pi} , необходимую для выдергивания (или выталкивания) волокна из слоя адгезива, и площадь адгезионного соединения S_{Pi} . Адгезионную прочность рассчитывают по формуле [11]:

$$\tau_A = \frac{F_{Pi}}{S_{Pi}}, \text{ Н/м}^2. \quad (8)$$

Сила веса создает удельную разрушающую нагрузку τ_{PY} Н/м² (вес одного м² компонента смеси толщиной в одну частицу).

Практика показывает, что данной разрушающей нагрузки недостаточно для обеспечения постоянного разделения частиц, поэтому для обеспечения данного эффекта, при помощи рабочих органов смесителя, необходимо создать дополнительное разрушающее усилие. Из вышеизложенного следует, что для эффективного перемешивания сочных кормов с грубыми и концентрированными кормами смеситель, в процессе работы, должен преодолевать силу адгезионного соединения, поскольку удельной разрушающей нагрузки недостаточно для разделения частиц. Отношение адгезионной прочности и удельной разрушающей нагрузки, создаваемой силой веса, является той мерой, которая показывает во сколько раз дополнительное разрушающее усилие должно превышать силу веса. Следовательно:

$$\mu_i = \frac{\tau_A}{\tau_{PY}}. \quad (9)$$

Тогда общую мощность с учетом всех составляющих можно представить в виде математической зависимости:

$$N_{СП} = \frac{K_{II}}{\eta} \cdot \left(A \cdot \omega_e + B \cdot \omega_e^3 \pm \frac{Q_{ОБЩ} \cdot H}{360} + \frac{c_0}{W_i} \cdot \frac{Q_{ОБЩ} \cdot L_T}{360} + \frac{\tau_A}{\tau_{PY}} \cdot \frac{Q_{ОБЩ} \cdot L_T}{360} \right), \text{ кВт}. \quad (10)$$

Поскольку для привода смесителя используется двигатель постоянного тока управляемый при помощи регулятора, в состав которого входит трансформатор и диодный мост, поэтому необходимо в выражении (10) учесть потери мощности в устройствах управления.

$$N_{СП} = \frac{K_H}{\eta} \cdot K_Y \cdot \left(A \cdot \omega_e + B \cdot \omega_e^3 \pm \frac{Q_{ОБЩ} \cdot H}{360} + \frac{c_0}{W_i} \cdot \frac{Q_{ОБЩ} \cdot L_T}{360} + \frac{\tau_A}{\tau_{PV}} \cdot \frac{Q_{ОБЩ} \cdot L_T}{360} \right), \text{ кВт}, \quad (11)$$

где K_Y – коэффициент, учитывающий потери мощности в устройствах управления.

На основании (11) построен график теоретической зависимости затрат мощности на смешивание от частоты вращения барабана (рис.3).

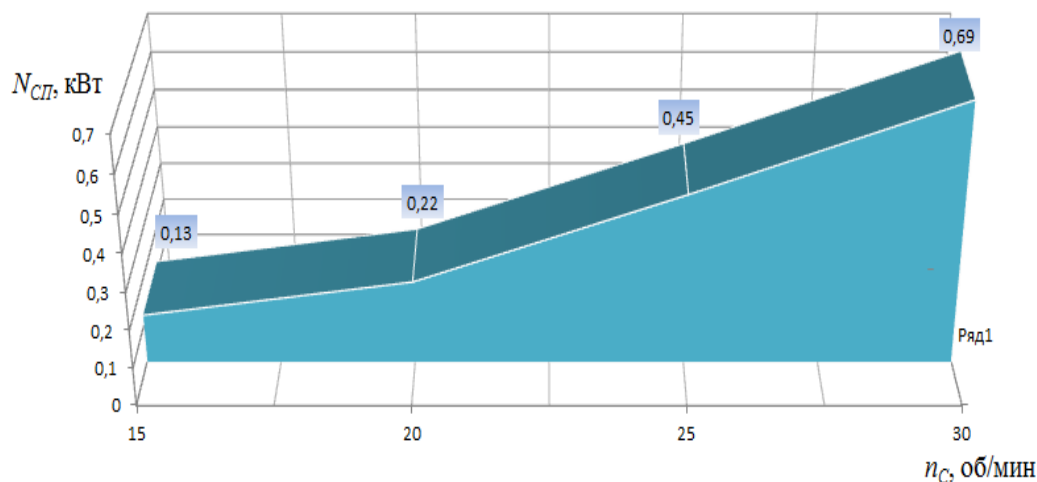


Рисунок 3 - Теоретическая зависимость затрат мощности на работу смесителя от частоты вращения бункера

Отношение адгезионной прочности связи стружки корнеплода с сечкой соломы и удельной разрушающей нагрузки, создаваемой силой веса измельченной соломы, составляет 3:1. При частоте вращения бункера 20 об/мин затраты мощности на смешивание составят 0,22 кВт.

Выводы. 1. Проведенный анализ существующей научной информации и выполненные теоретические исследования дают основание для обоснования основных конструктивных параметров рабочих органов смесителя кормов.

2. При частоте вращения бункера 20 об/мин затраты мощности на смешивание составят 0,22 кВт, данный режим работы является рациональным. Дальнейшее увеличение частоты вращения ротора приводит к резкому увеличению затрат мощности на смешивание.

Список литературы

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / Мельников С.В. - – Л.: Колос, 1978.
2. Механизация и технология производства продукции животноводства / [Коба В.Г., Брагинец Н.В., Мурусидзе Д.Н. и др.]; под. ред. Брагинца Н.В. - М.: Колос, 1999.
3. Завражнов А.И. Механизация приготовления и хранения кормов / А.И. Завражнов, Д.И. Николаев. - М.: Агропромиздат, 1990.

4. Алешкин В.Р. Механизация животноводства / В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. - М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
5. Розробка та дослідження енергоощадного вібраційного змішувача для внесення преміксів в комбікорми: дис.... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Цуркан Олег Васильович. – Вінниця, 2004. – 155 с.
6. Семенцов В.І. Обґрунтування параметрів процесу збагачення комбікормів біологічно активними кормовими добавками відцентровим змішувачем: дис.... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Семенцов Володимир Ілліч. – Харків, 2008. – 186 с.
7. Гвоздєв В.О. Обґрунтування технологічного процесу та конструктивних параметрів швидкохідного гвинтового змішувача комбікормів: дис.... кандидата техн. наук: 05.05.11 / Гвоздєв Віктор Олександрович. – Мелітополь, 2008. – 193 с.
8. Горячкин В.П. Собрание сочинений в семи томах. Том 5. / под ред. докторов с.-х. наук И.Ф. Василенко, В.А. Желиговского, Н.Д. Лучинского, С.В. Полетаева и канд. с.-х. наук К.А. Полевицкого - М.: Сельхозгиз, 1940
8. Хайліс Г.А. Основи теорії та розрахунку сільськогосподарських машин / Хайліс Г.А. - К.: Видавництво УГСА, 1992. - 240 с.
10. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины / Александров М.П. – М.: Высшая. шк., 1985. – 520 с.
11. Богданова Ю.Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов / Богданова Ю.Г. - М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010. – 68 с.

Анотація

Теоретичні дослідження енергетичних показників роботи змішувача кормів безперервного дії

Брагінець Н.В., Бахарєв Д.Н., Аль Атум Мохаммад

Удосконалено методику теоретичного визначення повної потужності, що витрачається на роботу змішувача кормів безперервної дії. Отримано адекватні математичні моделі.

Abstract

Theoretical research work energy indicators feed mixer continuous

N. Braginet, D. Baharev, Mohammad Alatoom.

Improved methods of determining the total theoretical power spent in the work of the mixer feeds continuous. Adequate mathematical model is received.